

KAJIAN OPERASI PENGELUARAN KAYU SISTEM KABEL LAYANG EXPO-2000 DENGAN PENGUNAAN ALAT PENDUKUNG

(Study of Applying Expo-2000 Skyline with Auxiliaries for Extracting Logs)

Oleh/By :

Wesman Endom¹⁾

ABSTRACT

Expo-2000 exemplifies prototype designed and built for the extraction of logs. In 2005, Expo-2000 was improved and equipped with three simple tools, i.e. : modified mini truck, support for Expo-2000 and model KM Exp-I carriage.

The experiment of using Expo-2000 for log extraction showed the productivity varied from 5.18 to 19.5 m³.hm/ hour, depending on hauling distance, log size, ground surface condition and tree density. The result revealed that Expo-2000 productivity increased through the use of an additional tool such as KM Exp-1 carriage that equipped with braking system. In this way, the investment was Rp 100 million (including cable and other auxiliary items), and log extraction cost was Rp 60,175/ hour or about Rp 11,620/ m³.

Financial analysis by using bank interest at 18%/year and cost projection of 6 years, the Expo-2000 skyline has the net present value (NPV) of Rp 8 million - Rp 81 million with the internal rate of return (IRR) of 22-52%. In this case, local wage of workers is Rp 35,000/ m³.

Key words : Wood-constructed carriage, Expo-2000, auxiliary tool, harvesting, skyline and productivity.

ABSTRAK

Expo-2000 merupakan sebuah prototype alat yang dirancang dan dibangun untuk membantu dalam kegiatan pengeluaran kayu. Pada tahun 2005 dilakukan kegiatan perbaikan pada alat Expo-2000 itu sendiri dan dibuat aksesoris pendukung lainnya dengan tujuan lebih mudah dalam pergerakannya di lapangan dan lebih tinggi hasil kinerjanya. Pembuatan aksesoris itu meliputi wahana angkutan lokal, tiang penyangga dan kereta pengangkut kayu kabel layang model KM Exp-I.

Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan bulan Oktober tahun 2005, kinerjanya menunjukkan produktivitas cukup baik sekitar 15 m³.hm/jam, tergantung jarak, ukuran kayu, kondisi permukaan lapangan dan kerapatan tegakan. Hasil uji coba memperlihatkan kini produktivitasnya

¹⁾ Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

lebih meningkat setelah dipakai kereta model KM Exp-I yang dilengkapi dengan pengunci. Dengan investasi sebesar Rp 100 juta (berikut kabel dan perlengkapan lainnya), hasil kajian biaya operasi pengeluaran kayu adalah Rp 60.175/jam atau Rp 11.620/ m³.

Dari analisis biaya dengan suku bunga bank 18% per tahun dan dengan proyeksi biaya 6 tahun, nilai NPV didapat sebesar antara Rp 8 81 juta dengan IRR sebesar 22 - 52%. Perhitungan ini diperoleh dengan menggunakan dasar biaya upah setempat sebesar Rp 35 ribu/m³.

Kata kunci : Kereta kayu Expo-2000, alat bantu, pemanenan, kabel layang, produktivitas.

I. PENDAHULUAN

Expo-2000 merupakan suatu prototipe alat pengumpul kayu dengan cara disarad atau sistem kabel layang (*skyline*) serta dapat juga digunakan untuk memuat kayu ke atas truk. Pada tahun 2005, selain diperbaiki pada sistem pengoperasiannya agar lebih luwes, aman dan produktif, juga dibangun wahana untuk memudahkan dalam mobilitasnya di lapangan. Hal ini dilakukan karena berdasarkan pengalaman sebelumnya, truk pembawa Expo-2000 tidak pernah sampai di lokasi tujuan akibat berbagai rintangan (jalan tanah yang naik atau turun tajam, lembek, licin dan atau sempit).

Untuk pengeluaran kayu, dibangun kereta pengangkut kayu kabel layang (*carriage*) dengan bobot yang tidak terlalu berat, sehingga mudah dalam pemasangan, bongkar maupun membawanya. Alat ini diberi nama model KM Exp-I yang dibuat untuk mengganti alat lama sejenis yang dirasakan kurang luwes untuk pengikat kayu (*book*) yang berukuran cukup besar dan berat serta kurang nyaman karena alat lama tidak memiliki sistem pengunci. Ketiadaan pengunci antara lain menyebabkan kayu yang sedang ditarik dan atau sudah terangkat mendekati kereta penarik sering turun lagi. Pada kereta pengangkut kayu kabel layang yang baru, dilakukan perbaikan pada (1) sistem penggunaan kait untuk mengikat kayu (*book*) yang berukuran lebih kecil, sehingga menjadi lebih ringan sekalipun jarak kayu cukup jauh (25-35 m), (2) pengait ikatan kayu (*book*) segera terkunci saat mencapai tabung pembawa kayu dan (3) tabung yang terkunci dan menggantung di udara saat mencapai kereta kayu. Dengan kelebihan ini secara teknis pengeluaran kayu pada medan sulit diharapkan dapat dilakukan lebih mudah, ringan, aman dan nyaman.

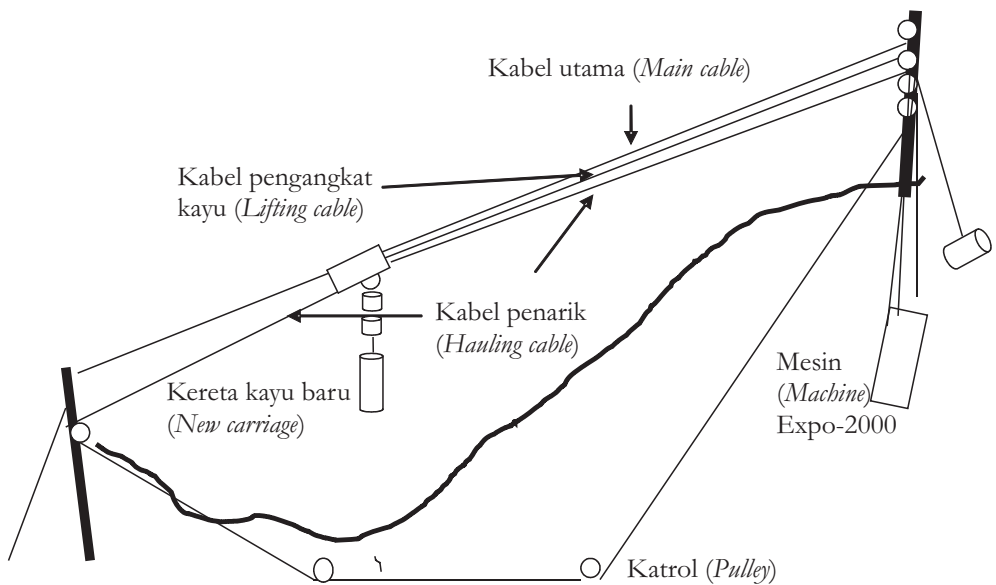
Kegiatan lain yang dilakukan ialah merekayasa kaki penyangga Expo-2000 yang dipakai pada waktu pengumpulan kayu. Kaki penyangga ini dibuat dari 4 buah besi siku yang dipasang setelah dipastikan posisinya selama kegiatan pengumpulan kayu. Pada setiap kaki penyangga ini, terdapat sejumlah lobang yang digunakan pada proses penurunan atau menaik Expo-2000 dan atau pada saat dipasang pada wahana angkut.

Kegiatan penelitian dilakukan di dua tempat yaitu di wilayah hutan Rangkasbitung dan Sukabumi, dengan tujuan mengetahui: (1) kinerja kereta pengangkut kayu kabel layang, (2) kemampuan kendaraan pengangkut alat Expo-2000 untuk mengeluarkan kayu jarak pendek dan (3) kemampuan kaki penyangga alat saat dioperasikan. Selain itu juga dicermati aspek finansialnya.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2005 di kawasan hutan mahoni KPH Serang dan hutan pinus KPH Sukabumi. Jarak dari jalan raya hingga jalan hutan di daerah Rangkasbitung sejauh ± 2 km, sementara uji cobanya sendiri berada masuk sejauh 350 m dari jalan hutan. Untuk di Sukabumi, lokasi berada 250 m masuk ke dalam hutan dari pinggir jalan raya. Kedua tempat ini cukup ideal sebagai lokasi uji coba kabel layang, dengan medan bergelombang sedang hingga berat, dengan panjang lereng 80-100 m. Skema lokasi uji coba seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tata letak penempatan alat uji coba alat Expo-2000 di lapangan
Figure 1. Lay out of Expo-2000 in the field test area

B. Bahan dan Alat

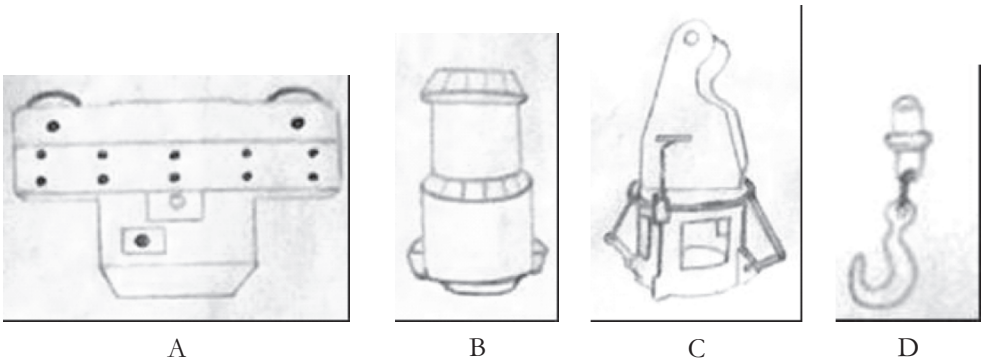
Bahan yang digunakan terdiri dari solar, oli, tambang sarung tangan serta *tally sheet*. Alat yang digunakan terdiri dari Expo-2000, satu unit kereta pengangkut kayu kabel layang model KM Exp-I, Daihatsu pickup 1000 cc sebagai wahana angkutan lokal Expo-2000, kaki penyangga alat Expo-2000, seperangkat kunci dan alat bantu lain, video kamera, kamera digital dan *stop watch*, meteran serta kompas dan seperangkat peralatan pendukung sistem kabel layang.

1. Kereta pengangkut kayu kabel layang model KM Exp-I

Unit ini terdiri dari 4 bagian, yaitu :1) kereta penarik kayu berupa kotak plat besi cukup tebal yang dilengkapi dengan tiga roda dan tempat rumah peluru penarik, 2) peluru penarik berupa tabung pendek yang akan menggantung pada rumah peluru dan dapat bergerak naik turun, 3) rumah peluru penarik kayu, berupa tabung yang dapat bergerak ke depan atau ke belakang sesuai kemiringan lapangan yang dilengkapi dengan pengunci, dan 4) kait (*hook*) yaitu pengikat kayu-kayu yang akan dikumpulkan. Seperangkat alat yang digunakan untuk pengumpulan kayu disajikan pada Gambar 2 dengan spesifikasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi kereta kabel laying model KM-Exp-I
Table 1. Specification of skyline carriage model KM Exp-I

No	Nama komponen (Name of component)	Berat (<i>Weight</i>), kg	Panjang (<i>Length</i>), cm	Tinggi (<i>Height</i>), cm
1	Kereta kabel layang (<i>Carriage of skyline</i>)	25	60	40
2	Peluru penarik (<i>Bullet of skyline</i>)	30	44	12
3	Rumah peluru penarik (<i>Home of bullet skyline</i>)	15	22	52
4	Kait (<i>hook</i>)	5	26	15



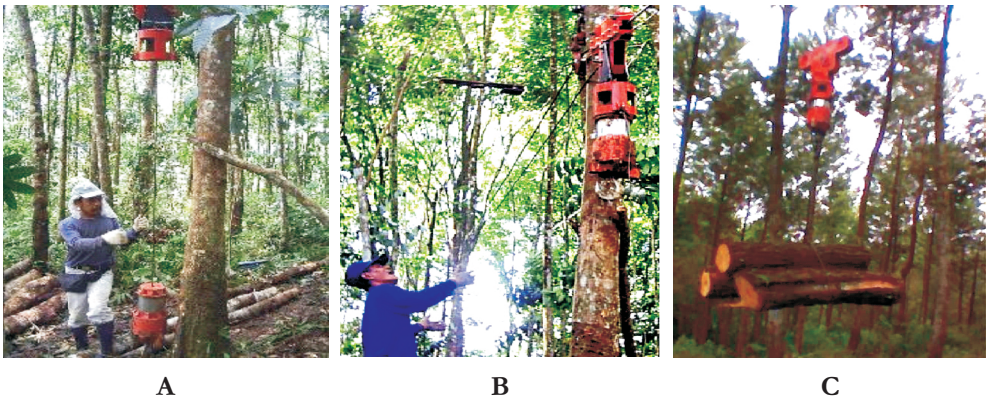
Gambar 2. Unit kereta pengangkut kayu kabel layang
Figure 2. One unit of carriage

Keterangan (*Remarks*) : A = Kereta penarik (*Carriage*); B = Peluru penarik (*Bullet for pulling log*); C = Rumah peluru penarik (*Home of bullet*) dan (and) D = Kait pengikat kayu yang ditarik (*Hook*)

Dalam proses pengumpulan kayu, penggunaan kereta KM Exp-I dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Peluru tarik diturunkan dari kereta kayu dengan cara menarik tali pelepas.
- Lepaskan kait (*book*) dari peluru tarik dengan menarik tali pengunci.
- Kait dibawa menuju pada potongan kayu yang akan dikumpulkan dan kaitkan dengan kayu yang telah diikat dengan kabel atau rantai ikat.
- Kunci *drum endless* agar saat dimulai penarikan kayu kereta tidak berjalan sehingga kayu dapat terus naik hingga di kereta gantung.
- Beri aba-aba penarikan dan setiba di peluru penarik terjadilah penguncian kayu yang pertama.
- Lanjutkan penarikan hingga menuju jalur kabel utama, dan kemudian terjadi penguncian kedua secara otomatis saat peluru penarik mencapai rumah peluru yang menggantung di kereta kayu.
- Lepaskan pengunci *drum endless* dan tarik kereta kabel layang bersama kayu tadi hingga ke tempat pengumpulan dengan aman.
- Setiba di tempat tujuan, lepaskan kunci pada peluru penarik agar kayu dan peluru tariknya turun di permukaan tanah.
- Lepaskan ikatan, kayu dikumpulkan dan peluru penarik siap dioperasikan kembali ke kayu yang akan ditarik di tempat yang lainnnya.

Visualisasi sederhana proses pengeluaran kayu menggunakan kereta pengangkut kayu KM Exp-I disajikan pada Gambar 3.

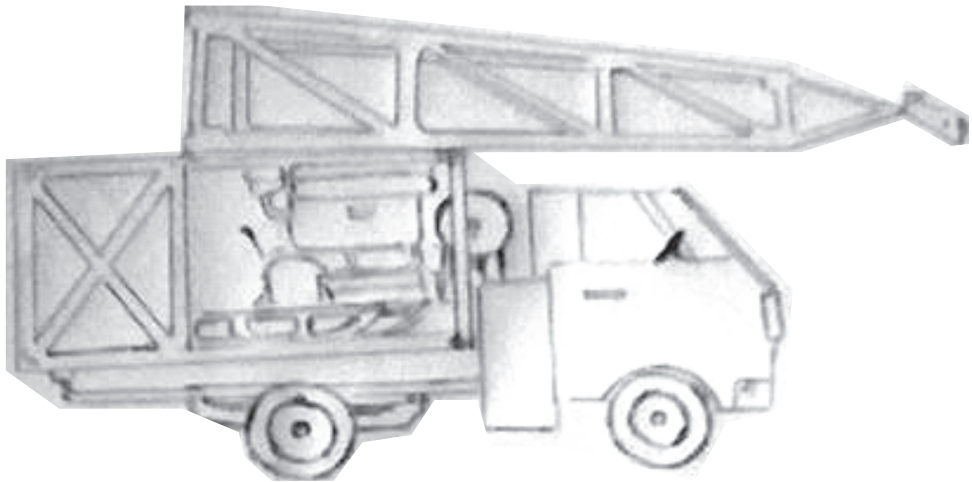


Gambar 3. Kereta pengangkutan kayu kabel layang KM Exp-I saat dioperasikan
Figure 3. Carriage operation of KM Exp-I in skyline system

Keterangan (*Remarks*) : A = Penurunan peluru tarik (*Goes down of bullet*); B = Peluru tarik terkunci pada rumah peluru dan siap meluncur (*Bullet locked on home bullet and ready to use*) dan (and) C = Kereta kabel layang sedang membawa kayu mendekati tempat pengumpulan kayu (*Carriage was nearing toward logyard*)

2. Modifikasi truk mini Daihatsu

Modifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah mobilitas angkutan alat Expo-2000 di lapangan. Untuk itu dicoba dimanfaatkan pick-up Daihatsu Hijet 1000 cc tahun 1985 dengan cara memperpanjang ukuran bak dari 80 cm menjadi 240 cm. Selain itu modifikasi dilakukan dengan menambah masing-masing satu buah per di roda bagian belakang dengan maksud agar wahana mampu menahan dan mengangkut beban lebih dari standarnya ($>1,2$ ton). Modifikasi lainnya yaitu membuat piringan di kedua roda belakang agar roda dari model lain dapat dipasang pada dudukan standar. Dengan roda baru ini muatan seberat $\pm 1,5$ ton masih dapat ditahan dengan aman dan roda tidak terlalu kempes. Secara sederhana gambaran mobil truk mini Daihatsu Hi Jet 1000 cc yang dijadikan wahana angkutan Expo-2000 disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pick-up Daihatsu Hijet 1000 cc sebagai wahana angkutan lokal mesin Expo-2000

Figure 4. Daihatsu Hijet 1000 cc pick-up for carrying Expo-2000 equipment

Pada saat Expo-2000 diangkut untuk jarak jauh, digunakan truk dengan posisi Expo-2000 sudah berada di atas pick-up yang dimodifikasi. Pemuatannya ke atas truk menggunakan tangga kayu dengan cara didorong berramai-ramai dan atau menggunakan kabel yang ditarik dengan mesin diesel mesin Expo-2000. Cara penempatannya disusun dengan tiang (*tower*) berada dibagian depan (lihat Gambar 5). Agar posisi beban seimbang, gulungan kabel pengangkat (*lifting cable*) dibagi menjadi dua yaitu sebagian disimpan pada drum utama dan sebagian lagi pada drum bantuan yang sudah terpasang di Expo-2000.



Gambar 5. Truk Toyota PS 120 pada saat mengangkut mesin Expo-2000. Tampak Wahana pick-up dimuat di atas truk

Figure 5. *Toyota PS 120 truck is carrying Expo-2000 loaded on the small Daihatsu pick-up*

Kelemahan pada saat pick-up dipakai wahana angkutan lokal Expo-2000 ialah pada tenaga mesinnya yang relatif kecil yang pada jalan naik tidak kuat sehingga perlu dibantu dengan tenaga lain. Untuk mengatasi itu, digunakan kabel dengan cara diikatkan ke pohon hingga jarak 20-50 m, kemudian digulung dengan drum yang ada pada mesin Expo-2000. Secara perlahan wahana bergerak mendekati pohon tersebut. Begitu seterusnya dari pohon yang satu ke pohon lainnya hingga ketemu jalan datar. Pada jalan yang datar, wahana *pick-up* ini dapat dipakai mengangkut Expo-2000 ke lokasi tanpa membutuhkan bantuan tenaga lain. Tahapan pengangkutan Expo-2000 pada bak pick-up dilakukan sebagai berikut:

1. Siapkan posisi mesin Expo-2000 di atas penyangga paling tinggi
2. Buka kedua penutup bak samping maupun penutup roda
3. Mundurkan mobil sedemikian rupa sehingga bak berada di bawah penyangga dan persis berada di garis pemandu di mana alat Expo-2000 akan di tempatkan.
4. Turunkan penyangga secara perlahan menggunakan dongkrak melalui tahapan per satu lubang hingga akhirnya persis berada di atas bak
5. Kunci alat Expo-2000 dengan klem yang telah disiapkan
6. Lepas penyangga dan kaki-kakinya dan wahana siap mengangkut alat Expo-2000 ke tempat tujuan dimaksud.

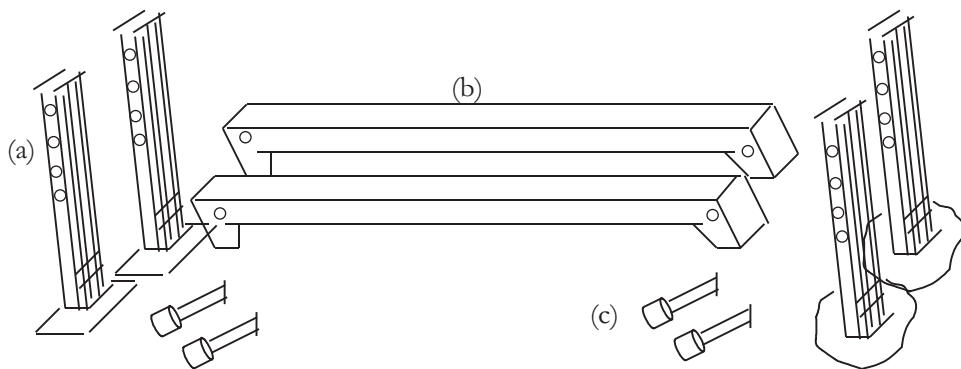
Untuk melepaskan Expo-2000 dari atas bak pick-up, dilakukan serupa pada pemasangan, hanya prosesnya dibalik dimulai dari pelepasan klem, pemasangan kaki penyangga dan secara hati-hati mesin Expo-2000 diangkat ke atas hingga alat Expo 2000 lepas dari bak. Secara hati-hati kemudian mobil dimajukan hingga bak tersebut lepas dari alat Expo-2000.

3. Penyangga alat Exp-2000

Alat ini adalah berupa empat buah tiang yang dihubungkan dengan palang besi kotak yang dapat dipasang dan dikunci. Dengan menggunakan pasak besi berdiameter 3 cm, palang tadi setahap demi setahap dipasang pada lubang yang tersedia. Saat dioperasikan, palang penyangga dipasang pada lubang paling bawah agar posisi alat Expo-2000 stabil dan aman, sedangkan bila akan diangkut/dipindahkan, palang dipasang pada lubang teratas.

Untuk menaik turunkan saat Expo-2000 disangga pada alat ini, digunakan dua buah dongkrak hidrolik kecil (ukuran 15 ton) dan satu dongkrak ulir panjang. Prosesnya dilakukan sedemikian rupa dengan cara menurunkan atau menaikkan posisi palang penyangga secara bergantian. Dengan hati-hati, pasak besi dipindah dari lubang yang satu ke lubang lain, hingga mencapai tinggi yang diinginkan dan posisi alat stabil dan aman. Spesifikasi alat penyangga disajikan pada Lampiran.

Sketsa penyangga alat disajikan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagian-bagian penyangga alat Expo-2000 terdiri dari 4 kaki (a), 2 palang (b) dan 4 buah pasak (c).

Figure 6. Parts of Expo-2000 support consisted of 4 legs (a), 2 beams (b) and 4 pins (c)

C. Tahapan Kerja

Tahapan kegiatan penelitian dilakukan sebagai berikut :

1. Membuat kereta pengangkut kayu kabel layang model KM Exp-I yang memiliki dua kunci.
2. Modifikasi kendaraan pengangkut Daihatsu Hijet 1000 cc dengan memperpanjang bak, menambah per penahan beban dan pembuatan piringan *velg*, pembuatan klem dan lubang tempat mengunci Expo-2000.

3. Membuat kaki penyangga Expo-2000 yang rangka penahannya dapat dipasang naik turun menggunakan dongkrak hidrolik.
4. Pencarian dan penetapan lokasi uji coba
5. Pemilihan pohon untuk tiang dan pemasangan jaringan kabel
6. Penempatan Expo-2000, pemasangan jaringan kabel (kabel utama, kabel pengangkat dan kabel penarik)
7. Uji coba operasi pengeluaran kayu
8. Pengumpulan data meliputi ukuran kayu (diameter dan panjang dalam cm), jarak (m), waktu pemuatan, pembongkaran dan pengumpulan masing-masing sortimen (detik) serta mengamati kelemahan dan kelebihan alat.

Pada butir 5 dilakukan kegiatan pemotongan cabang, ranting atau pohon di sekitar jalur kabel, agar penarikan kayu berjalan lancar. Sebelum kegiatan dilakukan, diadakan pemeriksaan bahan bakar, oli dan jaringan kabel, katrol, sistem rem, jalannya mesin, tenaga kerja dan pembagian tugas. Adapun tenaga kerja yang ikut pada uji coba berjumlah 10 orang termasuk operator dan pencatat.

D. Pengolahan Data

- 1) Menghitung produktivitas kerja pengumpulan kayu.

$$PK = \frac{V \times J}{W} \dots\dots\dots (1)$$

di mana PK = Produktivitas kerja ($m^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$); V = Volume kayu (m^3);
W = Waktu kerja efektif (menit) dan J = Jarak (m).

- 2) Menghitung volume kayu

$$V = 0,25 \times 3,14 (D_p + D_u)^2 / 2 \times L \dots\dots\dots (2)$$

di mana V = Volume kayu (m^3); D_p = Diameter pangkal (cm);
 D_u = Diameter ujung (cm) dan L = Panjang (m)

- 3) Analisis biaya

- a) Biaya penyusutan (B_p)

$$B_p = \frac{M - R}{N \times t} \dots\dots\dots (3)$$

di mana B_p = penyusutan (R_p / jam); M = investasi alat (R_p); R = nilai alat bekas (10% dari harga baru); N = umur pakai alat (tahun) dan t = waktu kerja alat (jam/tahun)

- b) Bunga modal (B_m)

$$B_m = \frac{\frac{\{(M-R)(N+1) + R\} \times 0,0p}{2}}{t} \dots\dots\dots (4)$$

di mana B = bunga modal (Rp/jam); p = suku bunga/tahun (%/tahun)

c) Biaya perawatan (Bpr) (FAO, 1974)

$$BP = \frac{\text{Harga alat (Rp)} \times 0,1}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (5)$$

d) Biaya bahan bakar (Bb)

$$Bb = \text{Penggunaan BBM (liter/jam)} \times \text{harga BBM per liter (Rp/lt)} \dots\dots\dots (6)$$

e) Biaya oli dan pelumas (Bo) (FAO, 1974)

$$Bo \text{ (Rp/jam)} = \frac{\text{Harga alat (Rp)} \times 0,005}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (7)$$

$$f) \text{ Biaya operator (Rp/jam)} = \frac{\text{Gaji (Rp/bulan)}}{(20 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari})/\text{bulan}} \dots\dots\dots (8)$$

(Bop)

$$g) \text{ Biaya tenaga pembantu (Btp) (Rp/jam)} = \frac{\text{Rp } 25.000/\text{hari}}{8 \text{ jam/hari}} \dots\dots\dots (9)$$

$$h) \text{ Pajak (Pj)} = \frac{H \times 0,6 \times 2\%}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (10)$$

$$i) \text{ Asuransi(As)} = \frac{H \times 0,6 \times 3\%}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (11)$$

j) Biaya operasi ekstraksi dan muat bongkar (BMB)

$$BMB = \frac{Bp + Bm + Brm + Bbm + Bo + Bop + Btp + Pj + As}{PK} \dots\dots\dots (12)$$

di mana BE = biaya ekstraksi dan biaya muat bongkar (Rp/m³); Bpm= biaya penyusutan alat muat bongkar (Rp/jam); Bm = biaya modal alat mongkar (Rp/jam); Brm = biaya perawatan alat (Rp/jam); Bbm= biaya bahan bakar (solar) (Rp/jam); Bo = biaya oli (Rp/jam); Bop = biaya operator (Rp/jam), Btp = biaya tenaga pembantu (Rp/jam), Pj = Pajak Rp/jam), As = asuransi (Rp/jam) dan PK = produktivitas kerja (m³/jam).

Selain itu dihitung nilai IRR dan NPV menggunakan program Microsoft Excel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perbaikan Perangkat Mesin Expo-2000

Perbaikan dilakukan untuk mengubah tehnik dalam perpindahan alat yang sebelumnya dapat dilakukan sendiri karena masih memiliki roda, sedangkan saat ini ke empat rodanya dibuang sehingga perpindahan harus dibantu menggunakan media lain. Media tersebut yaitu *pick-up* Daihatsu 1000 cc yang dimodifikasi. Dengan demikian belok, mutar atau mundur dalam upaya mencari posisi lokasi yang diinginkan dapat menjadi lebih ringan dan mudah. Perbaikan lainnya ialah membuat drum gulung tambahan untuk tempat menyimpan sebagian kabel agar alat tidak berat sebelah. Perbaikan lainnya yaitu membuat fasilitas untuk menggulung kabel utama setelah kegiatan pengumpulan kayu selesai dilakukan. Dengan demikian penggulungan kabel utama menjadi lebih cepat dan praktis.

B. Pembuatan Sarana Pendukung Expo-2000

1. Pick-up Daihatsu 1000 cc sebagai wahana Expo-2000

Hasil pengalaman uji coba dari kedua tempat memperlihatkan pick-up Daihatsu 1000 cc sebagai wahana angkutan lokal untuk menempatkan posisi alat Expo-2000, maupun saat dinaik turunkan pada truk untuk angkutan jarak jauh, ternyata lebih praktis, lebih mudah dan lebih cepat dibanding tanpa wahana tersebut. Kelebihan itu dirasakan sangat membantu saat mengendalikan arah ke kiri atau kanan maupun untuk maju mundur yang menjadi lebih ringan karena dikendalikan dengan menggunakan setir mobil.

2. Kereta pengumpul kayu kabel layang KM Exp-I

Pengalaman memperlihatkan bahwa penggunaannya sangat membantu dalam mempermudah pengeluaran kayu dari petak tebang, karena kait yang dibawa mendekati kayu yang ditarik lebih ringan. Beberapa perbaikan yang dilakukan meliputi 1) pelebaran lobang turun kabel, 2) perombakan model gantungan agar peluru tarik tetap tegak lurus bidang permukaan tanah, 3) perbaikan sistem pengunci dengan kedudukan per di luar dan lebih panjang sehingga lebih aman dan kuat, 4) Perbaikan pada sistem pembuka tali dengan menggunakan kawat sebagai penyambung tali. Secara umum penggunaan kereta pengangkut kayu kabel layang model KM Exp-I sudah dapat dipergunakan dengan hasil cukup baik dan aman, nyaman dan efektif.

3. Penyangga Expo-2000

Hasil uji coba memperlihatkan alat ini cukup baik untuk digunakan sebagai penyangga Expo-2000 pada kegiatan pengeluaran kayu dengan aman dan nyaman. Beberapa perbaikan yang masih diperlukan agar pemasangan maupun bongkarnya lebih efektif ialah 1) pengecilan pasak agar tidak susah waktu akan mengunci dan 2) perlu disiapkannya papan/balok secukupnya sebagai penahan beban sementara untuk menggantikan dongkrak. Pada saat dioperasikan yang perlu diperhatikan ialah 1) perataan tanah agar posisi Expo-2000 betul betul datar dan kaki-kaki penyangga berada di atas papan agar tidak amblas ke dalam tanah dan 2) pemasangan kabel penahan Expo-2000 ke belakang (*guy line*) lebih memadai agar posisi alat tetap stabil.

C. Kegiatan Pengumpulan Kayu

Kegiatan ini dilakukan saat Expo-2000 berada di atas penyangga yang telah ditempatkan sedemikian rupa sehingga operator mesin dapat melihat para pekerja selama kegiatan berlangsung. Dengan kait (*hook*) berukuran cukup kecil, kayu satu per satu atau dalam kelompok hingga jarak 35m ke kiri, ke kanan atau ke belakang ditarik dan dikumpulkan dari tempat penebangan ke tempat pengumpulan kayu dengan cara kabel layang. Penarikan kayu dilakukan dengan kabel ukuran 10 mm, sedang untuk menarik kereta digunakan kabel 6 mm. Dari pengalaman ini diketahui bahwa kabel *endless* ukurannya agak kecil dan sudah banyak aus, sehingga banyak dilakukan penyambungan. Keadaan ini di samping membahayakan juga menyebabkan kurang mulusnya kegiatan pengumpulan kayu. Untuk lebih aman, kuat dan efektif, kabel balik sebaiknya diganti dengan ukuran minimal 8 mm.

1. Produktivitas kerja

Produktivitas kerja pengeluaran kayu alat Expo-2000 di atas penyangga yang dilakukan di KSPH Rangkasbitung, disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat produktivitas bervariasi dengan faktor penyebab masih terjadi ketidak harmonisan antara pemberi komando dengan operator mesin, serta tali pembuka kunci muatan terjepit atau terkadang gulungan kabel terkunci di rangka mesin. Pada uji coba berikutnya (No 17-27) setelah mulai dipahami cara kerjanya, produktivitas kerja mulai membaik hingga dapat mencapai $4\text{--}5 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$. Dari hasil uji coba ini dilihat berdasarkan waktu kerjanya dapat dipilah seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan potongan kayu dapat dikelompokkan ke dalam 6 kategori dari kisaran lambat hingga cukup cepat, yaitu mulai dari produktivitas kerja $< 1 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$ - $5,97 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$. Pada uji coba berikutnya, waktu kegiatan pengumpulan berlangsung sekitar 3-5 menit per rit, dan produktivitas lebih dari $5 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$. Bila capaian ini kontinyu, produktivitas kerja dapat mencapai sekitar 40-50 m^3 per hari dengan perhitungan waktu kerja efektif 8 jam per hari.

Dari pengalaman uji coba di Rangkasbitung, konstruksi per pengunci kayu pada kereta pengangkut kayu kabel layang KM Exp-I yang dinilai terlalu pendek sehingga mudah lepas talinya, atau tali pelepas terkadang dibawa masuk dalam rumah peluru, dilakukan perbaikan. Model penguncinya sekarang berada di luar tabung dan jauh lebih panjang, sehingga waktu melepaskan pengunci jauh lebih mudah dan aman. Perbaikan ini kemudian dicoba di KPH Sukabumi dengan hasil disajikan pada Tabel 4.

Rata-rata produktivitas kerja kini meningkat hampir dua kali lipat, bahkan maksimum dapat mencapai $19,54 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$ (karena jarak agak pendek), sementara di Rangkasbitung maksimum hanya tercapai $5,97 \text{ m}^3\text{.hm/jam}$. Peningkatan ini tercapai juga karena pada alat tidak banyak lagi ditemukan masalah dan tim bekerja lebih kompak.

2. Jam kerja mesin dan penggunaan bahan bakar

Penggunaan solar rata-rata 0,98 - 1,22 liter/jam. Pada uji coba tahun lalu, penggunaan bahan bakar rata-rata 0,94 liter/jam. Adanya selisih diduga karena ada perbedaan beban. Penambahan tersebut adalah setara Rp 250 untuk harga solar Rp 5.000 dan penggunaan solar dan jam kerja selengkapnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 2. Waktu dan produktivitas kerja alat Expo-2000 di KSPH Rangkasbitung
Table 2. Working hour and productivity of Expo- 2000 in KSPH Rangkasbitung

No	Muatan kosong (Empty carriage), ^{*)} Detik (Second)	Muatan isi (Loaded carriage)+), Detik (Second)	Total, Menit (Minute)	Jarak (Distance), m	Diameter cm	Panjang (Length), m	Volume, m ³	Produktivitas (Productivity), m ³ .hm/jam (hr)	Ket. (Rem.)
1	95	121	3.57	100	16,15,19	2.5	0.17	2.79	
2	49	108	2.62	80	17,19,18	2.5	0.19	3.52	
3	48	158	3.43	120	30	2.5	0.18	3.73	
4	180	302	8.04	100	20,21,23	2.5	0.27	2.02	-)
5	217	178	6.58	100	18,19,21	2.5	0.22	2.03	
6	178	171	5.81	116	12,14,16,19	2.5	0.19	2.26	
7	120	155	4.54	100	18, 20	2.5	0.14	1.89	
8	161	180	5.67	100	20	3.0	0.08	0.84	-)
9	116	160	4.58	85	25	2.5	0.12	1.37	
10	258	246	8.40	120	21	3.0	0.09	0.75	-)
11	140	175	5.24	110	22	3.0	0.10	1.20	
12	141	327	7.78	115	20	3.0	0.08	0.70	-)
13	108	202	5.18	129	15	3.0	0.04	0.66	-)
14	116	237	5.88	120	10	3.0	0.05	0.65	-)
15	51	170	3.68	100	20	4.0	0.08	1.29	-)
16	104	67	2.84	112	15	4.0	0.04	1.05	-)
17	66	178	4.07	90	20	3.0	0.08	1.05	
18	86	114	3.33	100	32	3.0	0.20	3.64	
19	92	139	3.86	130	20	3.0	0.08	1.60	
20	65	96	2.69	100	20	3.0	0.08	1.77	
21	59	131	3.17	65	60	0.7	0.28	3.50	
22	88	228	5.28	100	10,13,15,20	3.0	0.18	2.01	
23	76	151	3.78	100	10,12,14,19	3.0	0.16	2.51	
24	86	161	4.09	125	15,18,21,20	3.0	0.27	5.04	
25	84	138	3.70	100	15,17,16,20	3.0	0.23	3.74	
26	74	142	3.61	100	20,19,22	3.0	0.25	4.09	
27	134	142	4.60	100	22,25,23,26	3.0	0.46	5.97	
Tot.	1788	936	126.0	2817		76.70	4.31	61.67	
Rata2 (<i>Avg</i>)	66	35	4.67	104		3	0.16	2.28	
Mak (<i>Max</i>)							0.46	5.97	
Min. (<i>Min</i>)							0.04	0.65	

Keterangan (*Remarks*) : -) Kayu turun lagi, komando tidak harmonis (*Logs goes down, unharmonized command*); *) terdiri dari kegiatan pelepasan kait, sampai kembali ke tempat tujuan (*From released hook until arrive at aimed location*); +) terdiri dari penurunan peluru tarik, pelepasan hook, pemasangan hook sampai kembali ke tempat pengumpulan kayu (*From dropped the bullet, hook released, set up hook until came back to site of wood collection*).

Tabel 3. Pemilahan produktivitas kerja pengeluaran kayu dengan Expo-2000
Table 3. Grouping of productivity on trial test of Expo-2000

Kelompok (Group)	Waktu kerja (Working hour), detik (second)	Produktivitas kerja (Productivity), $m^3.hm/jam$ ($m^3.hm/hr$)	Selisih produktivitas (Difference), $m^3.hm/jam$ ($m^3.hm/hr$)	Keterangan (Remark)
I	170-504	< 1	4	Kayu yang diangkut kecil dan tim kerja kurang harmonis (A number of wood transported are small and the team worked not yet harmonize)
II	161-315	1-2	3	
III	214-482	2-3	2	
IV	199-222	3-4	1	
V	403-440	4-5	< 1	
VI	190-276	> 5	-	

Dari Tabel 5 diketahui penggunaan solar rata-rata 1,05 liter/jam. Dengan harga solar di lokasi sebesar Rp 5.000/liter, maka bila operasi berlangsung selama 8 jam/hari berarti biaya untuk keperluan bahan bakar adalah \pm Rp 40.00/hari.

3. Analisis biaya

Dari uji coba dapat dihitung biaya operasi hasilnya disajikan pada Tabel 6.

Dari hasil analisis diketahui bahwa biaya operasi penggunaan alat Expo-2000 sebesar Rp 60.175/jam. Dengan produktivitas pengumpulan kayu sebanyak 5,18 m^3 /jam berarti biaya per m^3 adalah sebesar Rp 11.617. Biaya ini masih lebih murah dibanding biaya pikul manual sebesar Rp 30.000-100.000 tergantung jarak dan tingkat kesulitan. Tahun yang lalu biaya pengeluaran kayu dengan Expo-2000 adalah sebesar Rp 12.305. Ini berarti ada selisih Rp 688 lebih murah sebagai hasil penggunaan kereta pengangkut kayu kabel layang baru.

Tabel 4. Waktu dan produktivitas kerja alat Expo-2000 in KPH Sukabumi
Table 4. Working hour and productivity of Expo- 2000 in KPH Sukabumi

No	Operasi kereta (Carriage operation), detik (second)		Total (menit)	Jarak (Distance), m	Diameter, cm	Panjang (Length), m	VoLume, m ³	Produk- tivitas (Product- ivity), m ³ .hm/ jam (hr)	Ket. (Rem.)
	Kosong (empty)	Isi (loaded)							
1	79	91	2.83	40	17.23	170.195	0.12	6.37	
2	74	132	3.43	40	30	124	0.09	3.85	
3	118	107	3.75	50	30	127	0.09	2.89	
4	65	110	2.92	50	15,11,14	264,260,294	0.12	4.83	
5	97	113	3.50	50	12,13,15	254,272,301	0.12	4.07	
6	132	107	3.98	40	25,15,15	390,236,140	0.26	9.77	
7	49	106	2.58	40	25,15,15	390,236,140	0.26	15.06	
8	87	86	2.88	40	29	131	0.09	4.53	
9	108	73	3.02	48	38	132	0.15	6.24	
10	75	69	2.40	52	38	142	0.16	7.79	
11	130	155	4.75	118	15.20	131.415	0.15	2.30	
12	144	94	3.97	145	21.18	414.132	0.18	3.90	
13	192	172	6.08	115	36	340	0.35	3.95	
14	110	255	6.08	115	32	140	0.09	1.00	
15	189	170	5.98	110	17,22,28	205,134,154	0.14	1.60	*)
16	179	146	5.42	140	24,18,20	125,134,131	0.14	2.25	
17	143	137	4.67	120	24,36,16	107,151,133	0.14	2.23	
18	182	151	5.55	75	24,14,20	158,331,329	0.14	2.09	
19	137	185	5.37	75	15,11,10,14,10,11	147,181,98,115,155,273	0.11	1.59	+))
20	137	173	5.17	60	24,15,10	132,107,97	0.14	2.80	
21	137	256	6.55	56	25,14,12,13	144,256,263,88	0.11	1.75	
22	58	295	5.88	85	10,8,15,16	235,225,210,280	0.11	1.28	
23	89	144	3.88	50	34	131	0.09	2.72	
24	167	172	5.65	45	26	651	0.09	2.08	
25	156	183	5.65	45	12,18,14,10,21,14	66,157,130,219,62,190	0.11	2.52	
26	126	230	5.93	45	21.14	190.124	0.14	3.25	
27	40	18	0.97	28	24	200	0.09	19.54	
28	60	121	3.02	30	33	130	0.09	5.85	
29	125	139	4.40	30	32	130	0.09	4.01	
30	67	141	3.47	30	15,18,18,24,28,26	70,128,138,136,152	0.11	6.16	
31	74	132	3.43	40	30	124	0.09	3.85	
32	118	107	3.75	50	30	127	0.09	2.89	
33	63	110	2.88	50	15,11,14	269,260,294	0.12	4.92	
34	132	113	4.08	50	12,13,15	390,236,140	0.10	2.96	
35	49	106	2.58	40	20	140	0.04	2.57	
36	87	76	2.72	40	29	131	0.09	4.81	
37	108	73	3.02	48	38	132	0.15	6.24	
38	75	69	2.40	52	38	142	0.16	7.79	
39	16	94	3.47	145	21.18	414.132	0.18	4.47	
Total	2758	1109	158	2482			5.08	178.75	
Rata2 (Avg)	70.72	28.44	4.05	63.64			0.13	4.58	

Tabel 5. Penggunaan bahan bakar dan jam kerja mesin
Table 5. The utilization of fuel and machine hour utilization

No	Kegiatan (<i>Activity</i>)	Kegiatan mesin (<i>Machine operation</i>)		Jam mesin (<i>Machine hour</i>), jam (<i>hour</i>)	Bahan bakar (<i>Fuel</i>)	
		Dihidupkan (<i>Turn on</i>)	Dimatikan (<i>Turn off</i>)		Liter	Rata2/jam (<i>Mean/ hour</i>)
1	Uji coba penarikan (<i>Trial test</i>)	13.10	13.40	0,30	0,5	1.00
2	Operasi penarikan (<i>Operation</i>)	8.45	12.00	3.15	3,10	0.98
3	Idem (<i>Ditto</i>)	13.14	16.45	3.31	3,15	0.95
4	Idem (<i>Ditto</i>)	8.33	10.44	2.11	2.80	1.22
5	Idem (<i>Ditto</i>)	11.12	14.40	3.28	4.00	1.02
6	Idem (<i>Ditto</i>)	15.06	16.14	1,08	1,20	1.11
	Rata-rata (<i>Mean</i>)					1.05

Table 6. Analisis biaya operasi alat Exp-2000
Table 6. Cost operation analysis of Expo-2000

No	Uraian (<i>Item</i>)	Satuan (<i>unit</i>)	Biaya operasi (<i>Cost operation</i>), Rp/jam (<i>hr</i>)
1	H (harga alat) (<i>Price</i>)	Rp 100.000.000	
2	BP (Penyusutan) (<i>Depreciation cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	9.000
3	BA (Asuransi) (<i>Insurance cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	1.800
4	BB (Bunga) (<i>Interest rate cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	10.800
5	Pj (pajak) (<i>Tax cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	1.200
6	BBB (bahan bakar) (<i>Fuel cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	5.000
7	BO (oli pelumas) (<i>Grease oil cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	500
8	BPr (Perbaikan/pemeliharaan) (<i>Manitenance cost</i>)	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	10.000
9	B Tk (4 tenaga kerja 8 jam kerja (4 labour) 8 hours	Rp/jam (<i>Rp/ hr</i>)	12.500
10	Bop (biaya operator) (<i>Operator cost</i>)		9.375
	Total		60.175

Catatan (*Note*) : Penggunaan solar \pm 1 liter per jam. Harga solar setempat adalah Rp 5.000 per liter (*Fuel consumption based on observationed was 1 lt/ hour. Local price was Rp 5000/ lt*).

D. Pembahasan

Permasalahan yang senantiasa dihadapi dalam menggunakan alat Expo-2000 adalah lebih banyak bersifat eksternal antara lain akses untuk masuk ke tempat tujuan, sulit, apalagi bila kegiatan itu dilakukan setelah musim hujan. Oleh karena itu solusinya adalah melakukan kegiatan lapangan lebih awal (di musim kering) agar sekalipun jalannya belum diadakan pengerasan tapi masih dapat diupayakan untuk dapat mencapai lokasi dimaksud.

Memperhatikan hasil uji coba secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa rekayasa alat cukup berhasil dan produktif. Apalagi menurut keterangan pembantu lapangan (dulunya blandong) mengatakan bahwa untuk satu batang kayu pinus berukuran 36 cm 40 cm dan panjang 1,20 m, perlu diangkat dan digotong oleh 4 orang. Pada medan yang sulit, sortimen itu praktis menurutnya tidak akan dapat diangkat, sedang dengan Expo-2000 pengeluaran kayu tersebut tidak menjadi masalah besar dan dapat dilakukan dengan aman dan cepat (lihat Gambar 5).

Dari sisi finansial hasil analisis memperlihatkan bahwa dengan proyeksi 6 tahun, sementara alat mulai dapat digunakan dalam operasi penuh pada tahun kedua dan suku bunga Bank 18% per tahun, maka dari investasi Rp 100 juta masih didapat NPV positif begitu pula dengan IRR. Perhitungan menghasilkan nilai NPV pada akhir tahun ke enam sebesar Rp 143.013.426 sedangkan IRR sebesar 66%. Perhitungan ini didasarkan atas asumsi upah pengumpulan kayu sebesar Rp 20.000 per m^3 . Padahal, upah pikul di lapangan sekitar Rp 30.000 - Rp 35.000 per m^3 dan bahkan dapat mencapai Rp 100.000 per m^3 tergantung jarak, konfigurasi lapangan dan kondisi cuaca.

Sebagai pembandingan atas perekayasaan ini dapat dilihat dengan kereta pengangkut kayu kabel layang yang lain. Meek (1997) dalam tulisannya *Preliminary Trials of Wood Extraction By Cable Yarding on Soft Soils*, menyebutkan bahwa dari uji coba dengan jarak rata-rata 150 m dan volume per trip 0,8 m^3 , produktivitas Alat TL -3000 mencapai 11,0 rit/jam; 107 batang/jam dan 8,6 m^3 /jam. Sedangkan biayanya adalah US \$ 13,08/ m^3 atau Rp 138.000/ m^3 . Berat alatnya sendiri lebih dari 100 kg. Sedangkan alat Typeneubersicht Sherpa beratnya ada yang 140 kg, 220 kg dan 300 kg, dengan kemampuan membawa muatan 1,5 ton, 1,5 ton dan 3,0 ton (Anonim, tanpa tahun).

Dari kedua alat itu diperoleh gambaran bahwa sekalipun KM-Exp-I tidak dijalankan dengan sistem hidrolik, namun memiliki kelebihan yaitu lebih ringan serta dapat dipisahkan, sehingga mudah untuk membawanya. Dilihat dari produktitas kerjanya tidaklah terlalu rendah sekalipun tenaga yang dipakai relatif kecil hanya 24 PK. Demikian juga biaya operasinya ditemukan lebih murah.

Memperhatikan kenyataan itu, hasil rekayasa alat pengumpul kayu serbaguna Expo-2000 berikut kelengkapan lainnya, merupakan satu unit alat yang cukup dapat diandalkan. Namun, agar lebih efisien dalam pengeluaran kayu maka akan lebih cepat bila kayu yang dikeluarkan berukuran besar ($> 0,3-0,5 m^3$ per trip), karena perjalanan per trip hanya memerlukan waktu 3-5 menit.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Alat Expo-2000 merupakan prototipe alat sederhana yang dapat digunakan untuk mengumpulkan kayu dengan cara disarad atau sistem kabel layang, serta dapat digunakan untuk kegiatan muat bongkar.
2. Produktivitas pengumpulan kayu kabel layang rata-rata $5,18 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$; sedang pada kondisi maksimum dapat mencapai $19,54 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$ tergantung jarak, situasi lapangan, tegakan serta bentuk dan ukuran sortimen batang
3. Adanya peningkatan produktivitas diperoleh antara lain karena inovasi kereta pengangkutan kayu kabel layang KM Exp-I yang semakin berfungsi baik.
4. Dengan harga alat seharga Rp 100 juta (termasuk kabel), biaya operasi pengumpulan kayu mencapai Rp 60.175 atau sama dengan Rp 11.617 per m^3 . Upah pengumpulan kayu setempat berkisar Rp 35.000 - Rp 100.000 tergantung jarak, kondisi lapangan dan ukuran kayu.
5. Meskipun kemampuan dan mekanisme alat cukup baik, namun untuk lebih meningkatkan produktivitas kerja dapat dicoba dengan dolok lebih panjang misal 4 - 6 meter, tergantung ukuran diameter pohon yang ditebang.
6. Dengan adanya alat Expo-2000 sekalipun belum diuji secara penuh pada skala operasional yang lebih besar, namun setidaknya diharapkan dapat membawa perubahan positif bagi pengelolaan hutan berkelanjutan yang ekonomis dan ekologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (tanpa tahun). Lauwagenautomat SHERPA. Lembaran lepas 1 (satu) lembar. FMM. Forstbetrieb- 8130 Frochleiten Betriebstechnik. Austria.
- . 1974. Logging and log transport in tropical high forest. FAO Forestry Development Paper. No. 18. FAO. Rome.
- Daevis, K.P. 1966. Forest Management: Regulation and Valuation. New York, Mc Graw-Hill Book Company.
- Tinambunan, D. 1982. Alat pemuat kayu bulat ke atas truk, Jaban type I. Leaflet Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Endom, W., A Sukanda, Y. Sugilar dan H Basri. 2005. Kajian pengeluaran dan pemuatan kayu dengan alat exp-2000 yang disempurnakan. Naskah Publikasi. Jurnal Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Huta. Bogor.
- Haeruman, H.JS. 2002. Pengelolaan hutan lestari di era otonoi daerah: skala kecil dengan peranan masyarakat yang luas mendukung industri regional dengan dukungan pasar hasil hutan. Prosiding Mencari Format Desentralisasi Kehutanan. Diskusi pada tanggal 23 September 2001 di Bogor dan Lokakarya tentang Desentralisasi Kehutanan tanggal 3-4 Desember 2001 di Jakarta. Nectar, Indonesia 2002, Jakarta.

Meek, P. F.E. 1997. Preliminary trial of wood extraction by cable yarding on soft soils. Field Note No 16. Previous Reference Sheet on cable yarding -14. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). Saint-Jean, Pointe-Claire. Quebec, Canada.